



**Kandidatarbeten
i skogsvetenskap**
Fakulteten för skogsvetenskap

2013:27

Vindskadefaktorer för tall och contortatall på SCA:s marker efter stormen Dagmar

Wind damage factors for Scots pine and lodgepole pine on SCA's areas after the storm Dagmar



Foto: Rotvältor av tall, Alnön, Sundsvall, 2011

Mikael Kullström & Per Wictorin

Sveriges Lantbruksuniversitet Program: Jägmästarprogrammet
Institutionen för skogens ekologi och skötsel
Kandidatarbete i skogsvetenskap, 15 hp, Kurs:EX0592 Nivå:G2E
Handledare: Erik Valinger, SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel
Examinator: Tommy Mörling, SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel
Umeå 2013

Kandidatarbeten i Skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap, SLU

| | |
|--------------------------------|--|
| Enhet / Unit | Institutionen för skogsskötsel |
| Författare / Author | Mikael Kullström och Per Wictorin |
| Titel, Sv | Vindskadefaktorer för tall och contortatall på SCA:s marker efter stormen Dagmar |
| Titel, Eng | The factors of wind damage on Scots pine and lodgepole pine on SCAs areas after the storm Dagmar |
| Nyckelord | Gallring, stabilitet, stormfälld, stambrott, toppbrott |
| Keywords | Thinning, stability, wind-felled, stem breakage, top breakage |
| Handledare / Supervisor | Erik Valinger, Institutionen för skoglig resurshushållning |
| Examinator / Examinor | Tommy Mörling, Institutionen för skogens ekologi och skötsel |
| Kurstitel / Course | Kandidatarbete i skogsvetenskap |
| Kurskod | EX0592 |
| Program | Jägmästarprogrammet |
| Omfattning på arbete | 15hp |
| Nivå och fördjupning på arbete | G2E |
| Utgivningsort | Umeå |
| Utgivningsår | 2013 |

FÖRORD

Ett kandidatarbete har upprättats inom ämnet skogsvetenskap. Ämnet som har behandlats är vindskador och deras bidragande faktorer vid stormen Dagmar.

Vi vill tacka SCA för tillgången till datamaterial, vilket möjliggjorde denna rapportskrivning. Främst vill vi tacka skogsskötselspecialist Magnus Andersson på SCA som gav oss inventerat data.

Vi uppskattar hjälpen från vår handledare Erik Valinger, som fortlöpande har givit oss tips om rapportskrivning samt relevanta forskare för litteraturstudier i ämnet.

SAMMANFATTNING

Dagmar är en av de mest förödande stormarna, som med sina 4-5 miljoner kubikmeter vindfälld skog präglade skogssverige det senaste årtiondet. Skogsbolaget SCA förlorade stora mängder skog den 26 december 2011 till följd av stormen. Två av trädslagen på SCA:s marker är tall och contortatall, med olika förutsättningar vad gäller förmåga att motstå stormvindar.

Tillhandahållna data kom från SCA:s inventering före Dagmar, under åren 2007-2011, respektive efter stormen, i februari-mars 2012. Inventerat data har sammanställts, bearbetats och analyserats i Microsoft Office Excel, MiniTab 16 och ArcMap 10.1.

Statistiskt signifikanta samband för insamlat data saknades mellan beståndsmedelhöjd och skadad volym skog. Samband erhöles däremot mellan skötselmetod, gallrat eller ogallrat, och skadade bestånd.

Utifrån resultaten kan vi konstatera att trädslaget tall är att föredra i stormskadedrabbade områden. Vidare är gallrade bestånd känsligare än ogallrade inom en viss tidsperiod efter skötselinsgreppet. Tidpunkten före eller efter stormskada, ger en relativ ökning av skadetyperna "liggande" och "lutande" för tall och contortatall.

Nyckelord: gallring, stabilitet, stormfälld, stambrott, toppbrott

ABSTRACT

Dagmar is one of the most devastating storms, with its 4-5 million cubic meters of wind damaged forest, that has struck Swedish forests since the ten last years. The forest product company SCA lost a lot of timber volume the 26th of December 2011 due to the storm. Two of the tree species on the areas of SCA, Scots pine and lodgepole pine, have different abilities of resisting wind damage.

Provided data came from the inventory of SCA before Dagmar, years 2007-2011, and after the storm, February-Mars 2012. Inventoried data has been compiled, processed and analyzed in Microsoft Office Excel, MiniTab 16 and ArcMap 10.1.

Statistically significant correlations of collected data, did not match between average stand height and damaged volume of forest. Correlations were received between treatment, thinned and un-thinned, damaged stands.

From the results, we could confirm that Scots pine should be preferred in areas prone to wind damage. Furthermore, thinned stands were more susceptible than un-thinned in a certain period of time after treatment. There was a difference between types of damage for the two species studied. The moment before or after wind damage, provides an increase of “horizontal” and “tilting” trees of Scots pine and lodgepole pine.

Keywords: thinning, stability, wind-felled, stem breakage, top breakage

Innehåll

| | |
|--------------------------------------|----|
| FÖRORD | 2 |
| SAMMANFATTNING | 3 |
| ABSTRACT | 4 |
| 1. INLEDNING..... | 6 |
| 1.1 Bakgrund | 6 |
| 1.2 Tall & Contorta | 6 |
| 1.3 Vindskadefaktorer | 6 |
| 1.4 Skötsel och dess betydelse | 7 |
| 1.5 Jämförande studie..... | 8 |
| 1.6 Definitioner: | 8 |
| 1.7 Syfte | 8 |
| 1.8 Hypotes..... | 8 |
| 2. MATERIAL & METOD..... | 9 |
| 3. RESULTAT | 11 |
| 4. DISKUSSION..... | 16 |
| 4.1 Hypotes..... | 16 |
| 4.2 Jämförelser | 16 |
| 4.3 Snö och otjälad mark..... | 17 |
| 4.4 Rättvisa resultat | 17 |
| 4.5 Om data varit komplett..... | 17 |
| 4.6 Högre beståndsmedelhöjd | 17 |
| 4.7 Felkällor | 18 |
| 4.8 Nettotillväxt..... | 18 |
| 5. REFERENSLISTA | 19 |
| BILAGA 1..... | 21 |

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Vindskador är den dominerande skadeformen som utgör störst negativ ekonomisk påverkan på våra europeiska skogar (Peltola 2006; Scheelhas 2008). År 2005 stormskadades omkring 100 miljoner m³sk, varav drygt 70 miljoner (Skogsstyrelsen 2006) skadades till följd av stormen Gudrun, 8-9 januari 2005. Stormen Per, 14 januari 2007, resulterade i vindskador på 12 miljoner m³sk. Den senast mest aktuella stormen Dagmar, omtumlade mellersta Norrland natten mot den 26 december år 2011. Hon fällde omkring 4-5 miljoner m³sk (Skogsstyrelsen 2012), samt hade uppmätta byvindar på över 35 m/s (SMHI 2013).

Skogsbolaget SCA innehar stora arealer inom det stormdrabbade området där Dagmar drog fram. Mestadels var det gallringsskog som blev värst utsatt (SCA 2011). Människan, skogsägaren, har inte förmågan att tygla naturen och dess abiotiska faktorer. Att helt utesluta stormskador i skog är omöjligt, men att reducera andelen stormskadad skog genom aktiv skötsel är däremot fullt möjligt (Hallsby 2008, s. 96).

Trädslagen tall (*Pinus sylvestris* L.) och contorta (*Pinus contorta* Douglas ex Loudon) överlappar varandra vad beträffar ståndort (Hallsby 2008, ss. 48, 55). Ett beslut måste därför fattas vad gäller vilket trädslag som skall användas på områden med hög risk för stormskador.

1.2 Tall & Contorta

Både tall och contortatall är pionjärarter som är gynnade av solljus för optimal utveckling (Hallsby 2008, ss. 49, 55). Tall kom till Sverige för omkring 12 000 år sedan. Det är Sveriges näst vanligaste trädslag och utgör ca 38 % av virkesförrådet. Trädslaget är relativt stormfast tack vare sin vertikala pålrot (SkogsSverige 2012). SCA har ett virkesförråd som till 43 % består av tall (SCA 2011).

Contortatallen introducerades från Kanada till Sverige under 1920-talet och dess ökade popularitet runt år 1970 resulterade i storskalig plantering i norra Sverige. Idag finns omkring 600 000 ha contortatall i Sverige. Anledningen till att contortatallen blev så populär är att den har en produktion som skattas till en nivå omkring 35-40 % högre än för svensk tall (Engelmark 2011). Contorta har även en högre resistens mot angrepp av insekter och svamp, vilket gör den fördelaktig i överlevnad mot biotiska skadegörare (Engelmark 2011). Av SCA:s totala virkesförråd utgör contortatallen 5 %, vilket motsvarar 280 000 ha (SCA 2008).

1.3 Vindskadefaktorer

Det blåser inte oftare eller mer idag än för 100 år sedan. De destruktiva byvindarna antas numera vara kraftigare och tillsammans med andra faktorer såsom eftersatt skötsel, monokulturer och ökat virkesförråd, bidrar de till större förluster idag, än för ett sekel sedan (Schelhaas, Nabuurs & Schuck 2003).

Kantzoner utgör avgränsningen mellan två olika bestånd, där stående skog angränsar mot någon form av lucka. Luckan kan exempelvis vara ett kalhygge, en fröträdställning eller en sjö, som utgör ökad risk för vindskador på intilliggande skog. Kantträden ger upphov till turbulens och de riskerar i sin tur att vindfällas. Vid en successiv utglesning av kantzoner skapas en mjukare övergång mellan hygge och beståndet, vilket leder till lägre utsatthet för vindskador (Hallsby 2008, s. 96-97).

Rent växtfysiologiskt har contortan en yvigare trädkrona än tallen, vilket ökar risken för snö- och vindskador. Ackumulerad blötsnö i trädkronorna i kombination med hårda stormvindar är ett hot som vår exot utsätts för här i Sverige. I contortatallens ursprungsregioner Kanada, faller uteslutande pudersnö. Snö- och vindskador kan därför antas korrelera mer här i våra svenska contortabestånd (Elving & Norgren 1995). Aktuellt snödjup för mellersta Norrland då Dagmar drog in, var några centimeter vid kustremsan och ett par decimeter inåt landet (Bilaga 1).

Stabiliteten hos träd är även ett resultat av deras förankring under jord. Avgörande faktorer är rotstruktur, vattenhalt i mark och hur pass god friktionen är mellan jordpartiklar och rötter (Rosvall 1994, s. 11). Långvariga perioder av regn skapar vattenmättad jord vilket sänker friktionen och ökar sannolikheten för vindfällning och rotvältor. Om marken istället är frusen, blir tjälen den armerande faktorn som motverkar träden från att blåsa omkull, samtidigt som skadetyperna stambrott och toppbrott då förväntas utgöra en större relativ andel av den skadade volymen (Fries 2012).

1.4 Skötsel och dess betydelse

Risken för vindfällning i tall- och contortabestånd är initialt ett resultat utifrån valet kring föryngringsmetod, planttyp och markberedningsmetod (Rosvall 1994, s. 4). Vidare speglas vindskaderisken utifrån kommande skötselmetoder såsom röjning- och gallringsingrepp. Ovan nämnda åtgärder formar beståndet och de enskilda träden (Hallsby 2008, s. 95-96). Graden av instabilitet och trädens benägenhet att vindskadas, beror vidare på stamform, andelen grönkrona, formen på kronan, barrens form och trädets växtplats (Rosvall 1994, s. 4).

Avsmalningen som t.ex. utgörs av förhållandet mellan trädhöjd och brösthöjdsdiameter, påverkar vindkänsligheten (Mitchell 2000, s. 4). Trädets stamform är ett resultat av dess tidigare tillväxtsätt och skötselmetoder. Cylindriska stammar med liten avsmalning och förhållandevis kläna dimensioner, är ett resultat av utveckling i tätare skog, där ljus och näring varit mer begränsande. Frodvuxna och friställda träd får istället grövre brösthöjdsdiameter med konisk och stormfastare stamform (Gardiner, Peltola & Kellomäki 2000, s. 13).

Vindskaderisken ökar med beståndets höjd, och i slutavverkningsfasen är risken för stormskada störst (Witzell et al 2009, s. 162). Vid gallring friställs kvarvarande huvudstammar. I och med glesare förband blir kvarstående träd mer utsatta för vind. Anpassning och compensation sker successivt då träden allokera sin tillväxt till grövre stambas, ökad avsmalning, och stabiliserat rotsystem (Mitchell 2000, s. 2). Sena gallringar bör undvikas i bestånd som löper risk för vindskador (Hallsby 2008, s. 96).

Åren efter gallring är tiden då träden är som mest känsliga för vindfällning, eftersom de kvarstående träden i sitt tidigare stadie inte varit lika vindexponerade, och ännu inte hunnit anpassa sig (Mitchell 2000, s. 2).

Vindskaderisken avtar med tiden efter gallring samtidigt som förmågan att anpassa sig avtar med åldern (Rosvall 1994, s. 10-11). Den naturliga avgången orsakad av vind och snö, uppgår i genomsnitt till 4 m³sk/ha/år (Valinger & Fridman 2000).

1.5 Jämförande studie

Vid en studie av Remröd (1977) undersöktes stabiliteten av tall och contortatall. I ett fåtal av bestånden hade en röjning eller gallring genomförts ett år innan storm. Fem år senare undersöktes förlusten hos både tall- och contortabestånden. Av resultatet urskiljs påtagligt mer skador hos contortan jämfört med tallen. I ett av områdena hade 16,5 % av 1 078 stammar vindfällts hos contortan, medan endast 8,7 % av tallens 767 stammar var skadade. Liknande relativa skillnader fanns i de andra områdena.

1.6 Definitioner:

I denna rapport likställs innebörden av begreppen vindskador och stormskador. För att lättare kunna namnge delar av resultaten, syftar samlingsbegreppet ”kategorier” till respektive trädslag, indelat efter skötselmetod samt tidpunkt. Totalt finns sex olika kategorier, tre före och tre efter stormen. Varje enskild kategori är indelad i fyra olika skadetyper: ”liggande”, ”lutande”, ”stambrott” och ”toppbrott” (Figur 5 & 6).

I fortlöpande text kommer ibland en uttrycksmässig förenkling användas, då ”tall” är synonymt med gallrade bestånd av tall. Detta görs eftersom inga data fanns för ogallrad tall. Vidare förenklas benämningen av gallrad contorta till endast ”contorta”, samt ”ogallrad contorta” syftar till de bestånd av contorta där ingen aktiv skötsel bedrivits.

Medelskada är ett återkommande begrepp i detta arbete. Det syftar till skadad volym/ha för respektive trädslag och skötselmetod (Tabell 1). ”Framräknad höjd” som ingår i figurer och metodbeskrivningen, är synonymt med ”framräknad beståndsmedelhöjd” i fortlöpande text.

1.7 Syfte

Syftet med detta arbete var att

- undersöka vilken typ av skötsel och geografiskt läge som påverkar risken för vindskador hos tall och contortatall
- utifrån beståndsdata kunna prediktera risken för stormfällning
- kunna dra en slutsats utifrån analyserade beståndsdata.

1.8 Hypotes

Påståendena i hypotesen som vi önskade behålla eller förkasta var att

- gallrad skog är känsligare än ogallrad
- skadetyperna mellan tall och contortatall skiljer sig
- ökad beståndsmedelhöjd ger ökad risk för vindfällning.

2. MATERIAL & METOD

Denna studie baseras på inventerat data från stormen Dagmar på SCA:s marker i mellersta Norrland. Inventeringen ägde rum i februari och mars 2012. Data var uppdelat i fyra separata filer i Microsoft Office Excel 2010, som senare har bearbetats, filtrerats och sammanställts till en enhetlig Excel-fil. Sammanställningen utfördes i första hand för att skapa god överblick samt att möjliggöra analys av inventeringsdata.

De separata Excel-filerna innehöll GPS-koordinater samt information om skador på gallrade tallbestånd, gallrade respektive ogallrade bestånd av contorta, samt grunddata från trakterna innan stormen drog in. Filer med grunddata gav möjlighet att jämföra bestånden före och efter stormen. För att undersöka eventuella samband mellan olika bestandsvariabler, utfördes logistiska och linjära regressioner i MiniTab 16 Statistical Software (MiniTab.com). För att i den logistiska regressionen ta reda på sannolikheten att skogen var skadad utifrån skötselmetod användes formeln nedan, där β_0 och β_1 är konstanter. "Gallrad" är en binär variabel, som här har värdet "1" för gallrade bestånd och "0" för ogallrade.

$$x = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 \text{Gallrad}}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 \text{Gallrad}}}$$

Inventerat data var inte komplett, då värden för vissa bestandsvariabler saknades, såsom "framräknad höjd" för tall, och "virkesförråd" för ogallrad contortatall. Vidare fanns inte "framräknat virkesförråd" (virkesförråd + mertillväxt) för något av bestånden vid stormtillfället 2011. Att använda värdena från inventeringsåren 2007-2010 skulle därför resultera i för låga virkesförråd för följande beräkningar.

För att möjliggöra analys och jämförelse, gjordes två bestandsrelaterade uträkningar:

1. Andel skadad volym ("skadad volym" / "framräknat virkesförråd") för tall respektive gallrad contorta. Värdet av "framräknat virkesförråd" grundade sig på "virkesförråd" samt mertillväxten från inventeringsåret.

Förklaring: Mertillväxten i "framräknat virkesförråd" baserades på Riksskogstaxeringens data (Skogsdata 2012). Bestånden var lokaliserade i mellersta Norrland, där medeltillväxten enligt Riksskogstaxeringen 2012 var beräknad till 4,7 m³sk/ha/år. Denna medelbonitet förutsattes gälla för de inventerade tallbestånden. Contortatallen antogs dock vara planterad på ståndorter med något lägre bonitet, 4,0 m³sk/ha/år. Enligt Elving & Nordgren (1995), förväntades contortatallen kunna producera omkring 30 % mer än vanlig tall. Beräkningarna för mertillväxten i "framräknat virkesförråd" sattes därför till 5,2 m³sk/ha/år för contorta samt 4,7 m³sk/ha/år för tall. I denna jämförelse uteslöt den ogallrade contortan eftersom datavärden om virkesvolym saknades.

När andel skadad volym överstiger den naturliga avgången, "gränsvärdet" om 4 m³sk/ha/år, markeras de områdena i en karta.

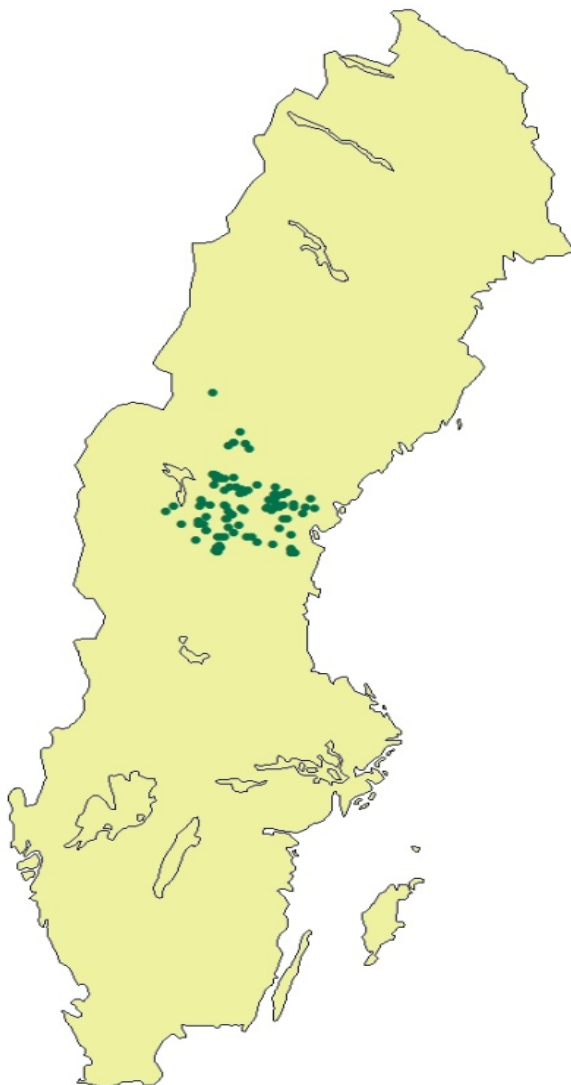
2. Genomsnittlig skadad volym/ha per bestånd.

Förklaring: Förhållandet mellan summa volym/ha för alla bestånd och antalet bestånd.

För att geografiskt kunna åskådliggöra positionerna för de mest stormdrabbade områdena, användes koordinater från Excel-filen till att skapa visuellt beskrivande kartor i ArcMap 10.1 (esri.com). Som underlag importerades Sveriges fastighetskarta. De trakter som ansågs ha stora volymer skadad skog definierades på två olika sätt. Alla gallrade bestånd som överskred naturlig avgång åskådliggjordes i en karta (Figur 3). I en annan karta valde vi att redovisa de bestånd som överskred skadad genomsnittsvolym för alla kategorier, som en indikation på bestånd med hög stormfälld volym (Figur 4).

Som komplement till data har litteraturstudier varit till hjälp för att skapa rättvisa förutsättningar till ett gott resultat. De referenser och vetenskapliga artiklar som ligger till grund för detta arbete, har nåtts via sökmotorer såsom Google Scholar och Web of Knowledge. Även vetenskaplig litteratur användes för grundläggande information om vindskadeinverkan på träd- och beståndsnivå. Liknande studier kring stormskador på tall och contortatall har också studerats, t.ex. Remröd (1977).

De data som denna studie grundades på var 113 inventerade tall- och contortabestånd inom SCA:s marker i mellersta Norrland (Figur 2).

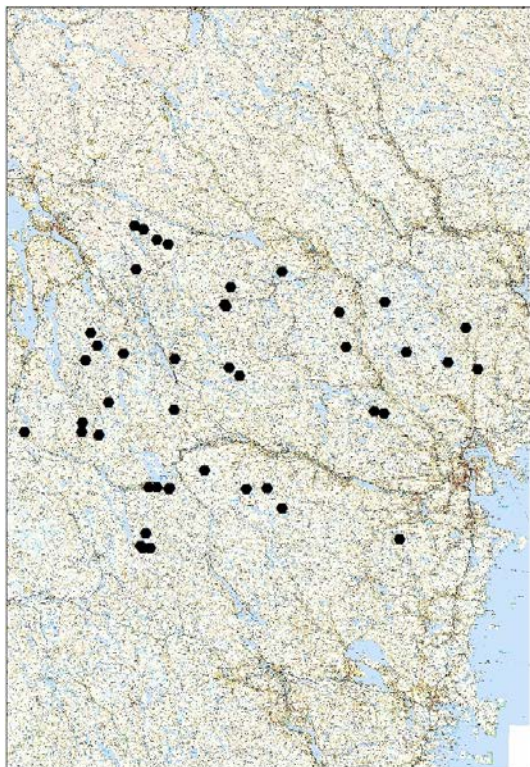


Figur 2. Geografiskt läge för samtliga inventerade bestånd.
Figure 2. Geographical position of all inventoried stands.
© Lantmäteriet, i 2012/901

3. RESULTAT

Två beskrivande kartor togs fram i ArcMap 10.1, med markeringar som åskådliggjorde stormfällda bestånd (Figur 3 & 4). 44 bestånd av gallrad contorta och gallrad tall vindskadades i större omfattning än den naturliga avgången för vindskador (Figur 3). Med en genomsnittsvolym på $146 \text{ m}^3 \text{ sk/ha}$ för bestånden med contorta och tall, var gränsvärdet uttryckt i procent lika med 2,7 % av "framräknat virkesförråd", ($4/146 \approx 0,027$).

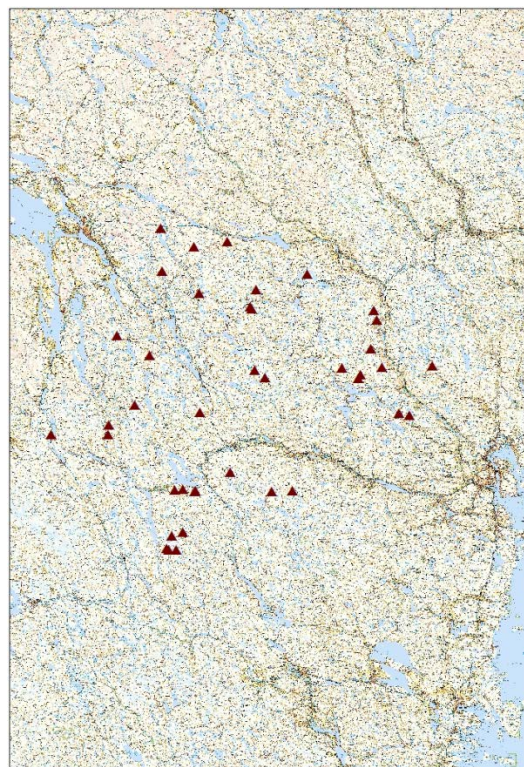
I Excel beräknades genomsnittsvolymer skada uppgå till $9,6 \text{ m}^3 \text{ sk/ha}$. 40 av bestånden överskred medelvolymer skadad skog för samtliga objekt av tall och contorta (Figur 4).



Figur 3. Geografiskt läge för gallrade bestånd med stormskador som överskred, $4 \text{ m}^3 \text{ sk/ha/år}$.

Figure 3. Geographical position of thinned stands which exceeded natural damage, $4 \text{ m}^3 \text{ sk/ha/year}$.

© Lantmäteriet, i 2012/901



Figur 4. Geografiskt läge för alla inventerade bestånd med stormskador som överskred $9,6 \text{ m}^3 \text{ sk/ha/år}$.

Figure 4. Geographical position of all inventoried stands which exceeded $9,6 \text{ m}^3 \text{ sk/ha/year}$.

© Lantmäteriet, i 2012/901

För kategorin "Contorta – Gallrad" med dess totalareal om 898 ha, resulterade inventeringen i $13\,275 \text{ m}^3 \text{ sk}$ skadad volym skog (Tabell 1). Samband som kunde tydas ur data via beräkningar i Excel var skadad volym per kategori samt medelskada/ha ($\text{m}^3 \text{ sk}$). Med stormskadorna för tall som referensvärde, var ogallrad contorta 29 % mer skadedrabbad, medan gallrad contorta var hela 120 % mer skadad.

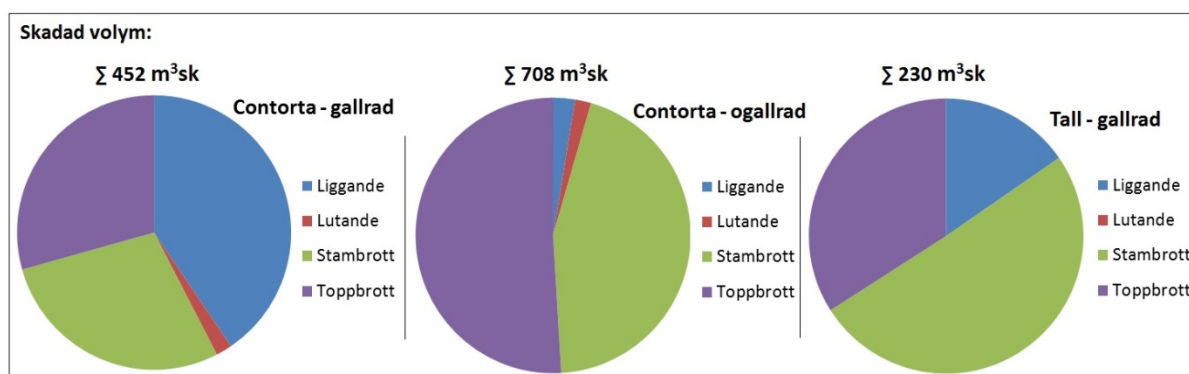
Utifrån sammanställning av data, visade det sig att gallrad contorta var känsligare än ogallrad, samtidigt som trädslaget contorta hade klart högre värden för medelskada än tall efter Dagmar. Före stormen stod ogallrad contorta för den stora skillnaden i skadad volym. 27 av studiens totalt 113 inventerade bestånd var helt oskadade.

Tabell 1. Vindskadad volym**Table 1.** Wind damaged volume

| Areal (ha) | Träslag / Skötsel | Volym (m ³ sk) | | | Medelskada (m ³ sk /ha) | |
|------------|---------------------|---------------------------|--------------|--|------------------------------------|------|
| | | Efter | Före | | Efter | Före |
| 898 | Contorta - Gallrad | 13 275 | 452 | | 14,78 | 0,50 |
| 642 | Contorta - Ogallrad | 5 553 | 708 | | 8,64 | 1,10 |
| 664 | Tall - Gallrad | 4 459 | 230 | | 6,72 | 0,35 |
| | Totalt | 23 287 | 1 390 | | | |

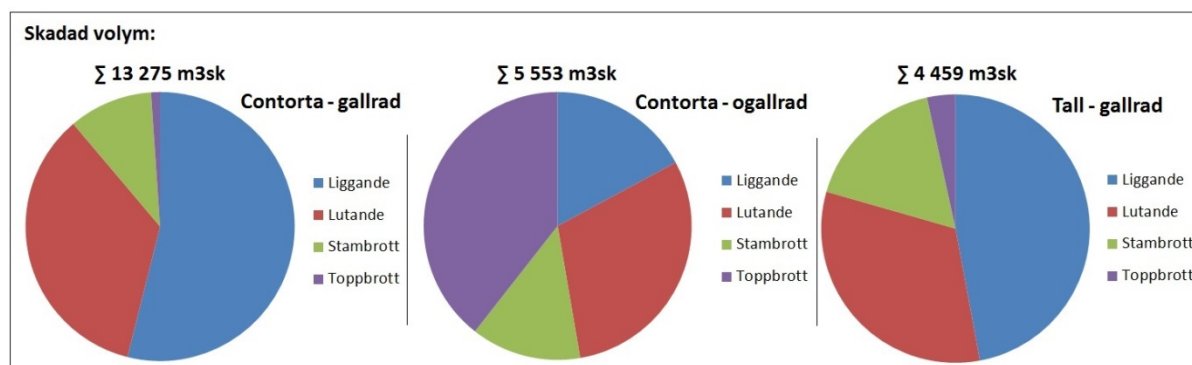
Av resultaten gjordes jämförelser av skadade volymer med avseende på storm, skötsel och träslag. Vad beträffar utfallet efter jämfört med före Dagmar, framgick att skadetyperna "liggande" och "lutande" ökade i relativa tal i samtliga kategorier. Andelen "stambrott" och "toppbrott" minskade istället procentuellt sett (Figur 5 & 6).

Tall och contorta påvisade inga stora relativa skillnader i skadetyp efter stormen, men innan stormen dominerade "liggande" träd för contorta, samtidigt som "stambrott" utgjorde störst proportionell skada hos tall (Figur 5 & 6). Gallrade bestånd uppvisade större andel "liggande" träd, medan "toppbrott" hade störst skadepåverkan hos ogallrade bestånd.



Figur 5. Relativa skadade volymer *före* Dagmar av skadetyperna (liggande, lutande, stambrott och toppbrott) för tall och contorta, gallrad/ogallrad.

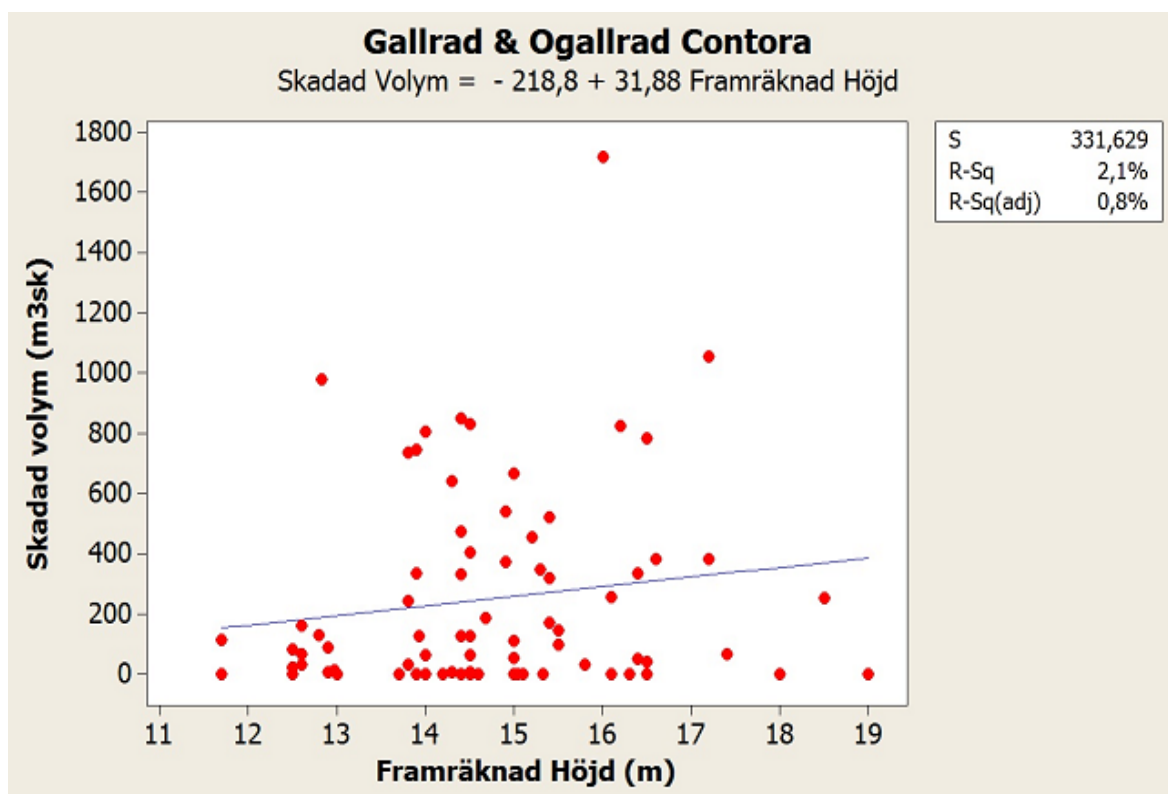
Figure 5. Relative volumes of damage *before* Dagmar in different types of damage (horizontal, tilting, stem breakage and top breakage) for pine and lodgepole pine, thinned / un-thinned.



Figur 6. Relativa skadade volymer *efter* Dagmar av skadetyperna (liggande, lutande, stambrott och toppbrott) för tall och contorta, gallrad/ogallrad.

Figure 6. Relative volumes of damage *after* Dagmar in different types of damage (horizontal, tilting, stem breakage and top breakage) for pine and lodgepole pine, thinned / un-thinned.

Regressionsberäkning för spridningsdiagrammet (Figur 7), gav ett p-värde på 0,223, vilket tillsammans med justerad förklaringsgrad om 0,8 % visade att det inte fanns något statistiskt signifikant samband mellan skadad volym och framräknad beståndsmedel höjd. Två grupperingar av punkter fanns i spridningsdiagrammet (Figur 7), varför även en uppdelning av bestånden med avseende på skadad volym gjordes. För bestånd med mindre respektive större skadad volym än 200 m³sk, skapades två separata spridningsdiagram med regressionslinjer (Figur 8 & 9).



Figur 7. Spridningsdiagram med regressionslinje för alla gallrade respektive ogallrade contortabestånd, med avseende på skadad volym och framräknad beståndsmedelhöjd.

Figure 7. Fitted line plot for all thinned and un-thinned stands of contorta, due to damaged volume and predicted average stand height.

Justerad förklaringsgrad på 0,0 % tillsammans med ett p-värde på 0,372, visade ett icke statistiskt signifikant samband mellan skadade beståndsvolymer under 200 m³sk och framräknad beståndsmedel höjd (Figur 8).

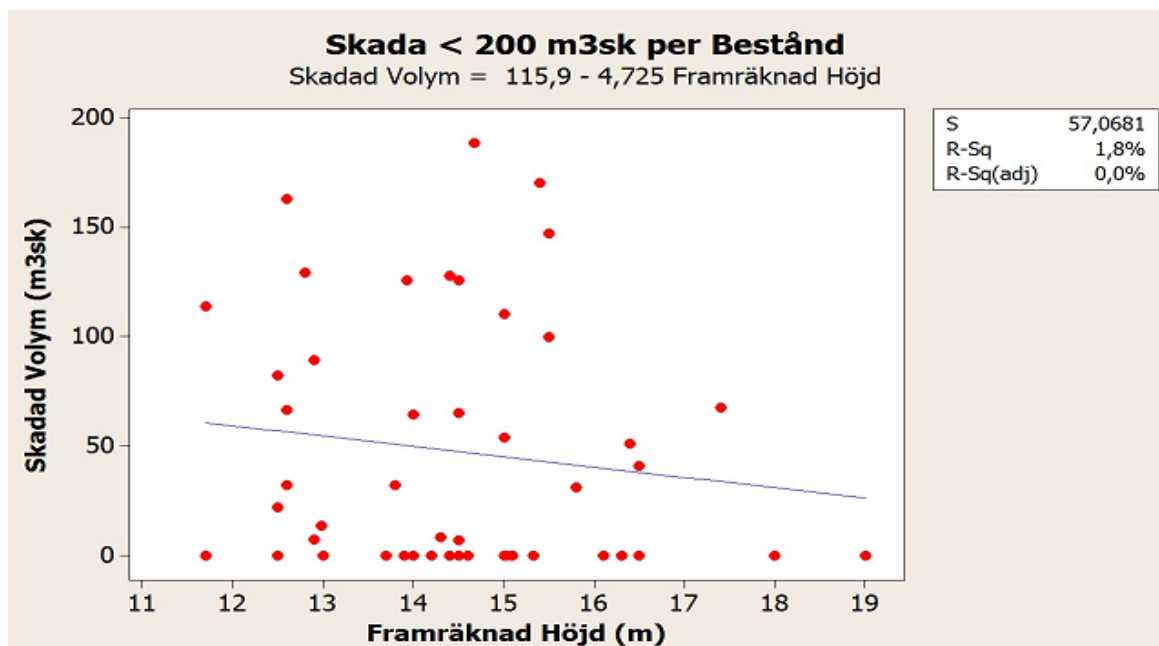


Figure 8. Spridningsdiagram med regressionslinje för alla gallrade respektive ogallrade contortabestånd med avseende på skadad volym, som **understiger** 200 m³sk per bestånd, och framräknad beståndsmedel höjd.
Figure 8. Fitted line plot for all thinned and un-thinned stands of contorta, due to damaged volume, **less than** 200 m³sk per stand, and predicted average stand height.

Den sista regressionens justerade förklaringsgrad var beräknad till 0,0 % (Figur 9), samt hade ett högt p-värde på 0,686. Även i detta fall saknades ett tydligt samband mellan skadad volym och framräknad beståndsmedel höjd för inventerat data för gallrad och ogallrad contorta.

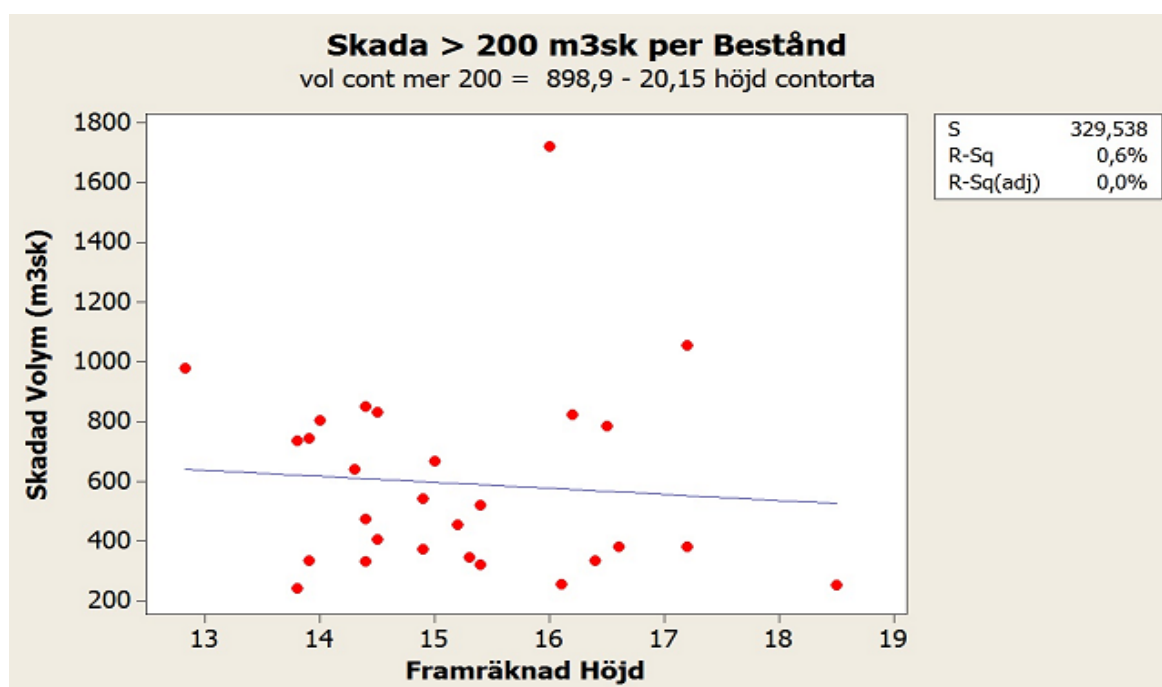


Figure 9. Spridningsdiagram med regressionslinje för alla gallrade respektive ogallrade contortabestånd med avseende på skadad volym, som **överstiger** 200 m³sk per bestånd, och framräknad beståndsmedel höjd.
Figure 9. Fitted line plot for all thinned and un-thinned stands of contorta, due to damaged volume, **exceeding** 200 m³sk per stand and predicted average stand height.

Utifrån logistisk regressionskörning (Figur 10), beräknades sannolikheten. För koefficienten $\hat{\beta}_0$ var p-värdet = 0,332, vilket indikerade att β_0 med stor sannolikhet var noll. Då blev sannolikheten $P(\text{Skada efter storm} \mid \text{Gallrad} = 0) = 0,50$

$$x = \frac{e^{0+1,24*0}}{1 + e^{0+1,24*0}} = \frac{e^0}{1 + e^0} = 0,50$$

Det betydde att om skogen var ogallrad var det 50 % chans att skog skadades i samband med storm. För den skattade koefficienten $\hat{\beta}_1$ var p-värdet = 0,006 vilket indikerade att β_1 förmodligen inte var noll. Då blev $P(\text{Skada efter storm} \mid \text{Gallrad} = 1) \approx 0,78$

$$x = \frac{e^{0+1,24*1}}{1 + e^{0+1,24*1}} = \frac{e^{1,24}}{1 + e^{1,24}} \approx 0,78$$

Detta betydde att om skogen var gallrad, var det 78 % chans att skogen skadades i samband med storm.

Regressionen gav koefficienterna $\hat{\beta}_0 \approx 0,32$ och $\hat{\beta}_1 \approx 1,24$ (Figur 10).

Binary Logistic Regression: Skada efter versus Gallrad/Ej

Link Function: Logit

Response Information

| Variable | Value | Count | |
|-------------|-------|-------|---------|
| Skada efter | 1 | 84 | (Event) |
| | 0 | 29 | |
| | Total | 113 | |

|

Logistic Regression Table

| Predictor | Coef | SE Coef | Z | P | Odds Ratio | 95% CI | |
|------------|----------|----------|------|-------|------------|--------|-------|
| | | | | | | Lower | Upper |
| Constant | 0,318454 | 0,328564 | 0,97 | 0,332 | | | |
| Gallrad/Ej | 1,24373 | 0,448338 | 2,77 | 0,006 | 3,47 | 1,44 | 8,35 |

Log-Likelihood = -60,449

Test that all slopes are zero: G = 7,812, DF = 1, P-Value = 0,005

Figur 10. Logistisk regression med avseende på sannolikheten att ett bestånd blir skadat i samband med storm, om beståndet är gallrat (1) eller ogallrat (0).
Figure 10. Logistic regression based on the probability of a damaged stand, due to storm, if the stand is thinned (1) or un-thinned (0).

4. DISKUSSION

4.1 Hypotes

Denna studie påbörjades med en hypotes där ett par antaganden beskrevs. Ett av dem var att gallrad skog var känsligare för vindskador än ogallrad. Resultatet visade klart att så också var fallet. Det andra antagandet förespråkade en förväntad skillnad i skadetyperna hos de två trädslagen. Den procentuella skillnaden för tall och contorta framträdde huvudsakligen innan stormen. Efter Dagmar blev resultaten istället ganska lika i relativ fördelning mellan contorta och tall. Det tredje antagandet, att högre beståndsmedelhöjd bidrog till större volymer stormskadad skog, var inget resultat som denna studie kunde påvisa.

Ett av syftena var att titta på geografin och eventuella samband mellan stormskada och läge för bestånden. Eftersom förhärskande vindriktning kom från väst (SMHI 2013), borde förväntade riskområden kring kusten inte ha drabbats lika hårt. Oavsett vindriktning skulle ett tänkbart utfall kunnat vara koncentration kring stora sjöar och andra öppna ytor. Av de resultat som togs fram kunde inga sådana samband urskiljas.

4.2 Jämförelser

4.2.1 Före stormen

Jämförelsen mellan trädslagen tall och contorta före stormen, visade att medelskadad volym ($\text{m}^3\text{sk/ha}$) för contorta var omkring 40 % större än för tall. Procentuellt sett hade contortan större andel ”liggande” träd medan tallen hade mer ”stambrott”. Anledningen till båda utfallen kan tänkas vara contortans instabilare rotsystem med rotsnurrar, samt contortans större andel av grönkrona som bidrar till ökat upptag av tung blötsnö (Rosvall 1994).

Skillnaden mellan skötselsystemen, gallrat och ogallrat, visade på att medelskadan för ogallrad contorta var cirka 120 % högre än för gallrad contorta. Den skillnaden antas bero på bristande skötsel, klena stammar och snötryck. De relativa skillnaderna i skadetyp kan också förklaras av ovan nämnda faktorer. Högre stamantal medför tätare bestånd, som dock resulterar i högre risk för ”toppbrott” på grund av klena stammar med utsatta trädtoppar.

4.2.2 Efter stormen

Contorta hade 120 % större medelskadad volym än tall efter Dagmar, trots likartad procentuell fördelning. Förklaringen är återigen kopplad till contortans högre andel biomassa och vindfång än hos tall, samt kombination med planterade bestånd av instabila rotsystem (Rosvall 1994). Om inventerat data istället hade omfattat naturligt föryngrade bestånd av tall och contorta, skulle med största sannolikhet bättre rotstabilitet ha resulterat i lägre medelskada i samtliga fall.

Jämförs de gallrade contortabestånden med de ogallrade, var medelskadan 70 % högre hos de gallrade, samtidigt som skadetyperna ”liggande” dominerade hos gallrade och ”toppbrott” var övervägande hos de ogallrade. Denna trend fanns även hos bestånden före stormen, och förklaras av tätheten av klena stammar som skyddar och stöttar varandra mot vindskador av skadetyperna ”liggande” (Hallsby 2008, s. 96).

4.2.3 Efter kontra före stormen

Skadetyperna ”liggande” och ”lutande” hade ökat procentuellt för samtliga kategorier efter Dagmar. Likaså hade de absoluta värdena av skadade volymer ökat i samtliga fall efter stormen, vilket är rimligt. Anledningen till den relativa ökningen av ”liggande” och ”lutande” skadetyper för de gallrade bestånden, antas vara friställning och ökad vindexponering. För ogallrade contortabestånd är ”toppbrott” fortsättningsvis den dominerande skadetyper. Förklaringen kan vara tidigare beskriven beståndstäthet, och att toppbrott som tidigare har orsakats av snö, i samband med stormen istället haft stormvindar som orsak.

Jämförs stormskada före och efter Dagmar inom varje kategori ser vi störst ökning hos den gallrade contortan med en nästan 30 gånger större medelskada efter stormen. Ökning hos de andra kategorierna, gallrad tall och ogallrad contorta visade sig vara 20 respektive 8 gånger större. Det man kan beakta utifrån detta resultat är ytterligare en risk man tar om man bestämmer sig för att satsa på trädslaget contorta.

4.3 Snö och otjälad mark

Skador som uppkommit innan stormen är svåra att bedöma, eftersom de kan ha skadats av andra faktorer än stormvindar. Förmodligen har kombinationen blötsnö och kraftiga vindar tillsammans bidragit till dessa skadade volymer. Kustnära inventeringsutfall efter Dagmar bör huvudsakligen förorsakats av vind som följd av obetydliga snömängder. En tänkbar situation som kan ha inträffat innan stormen är en regnig höst med utebliven tjäle. Detta kan ha utsatt markerna åtminstone närmast kustområdet för högre risk för stormskador med avseende på markfaktorer och trädrötternas reducerade förankring.

4.4 Rättvisa resultat

För att minimera feltolkning av våra relativa resultat i figur 5 och 6, tillades skadad volym för varje kategori. Detta för att volymskillnaderna av skadad skog före och efter stormen var stora. Det är även viktigt att ta hänsyn till att skadetyperna i cirkeldiagrammen visar relativa andelar, samt att arealerna till kategorierna skiljer sig.

4.5 Om data varit komplett

Av uppgifterna i Excel-filerna från SCA ingick inga uppgifter om beståndens altitud. Samband utifrån altitud och skadad volym, eller grad av vindexponerat läge testat mot skadad volym, antas ha kunnat ge något samband.

Om ogallrad tall hade funnits med i inventerat data, hade möjligheten till fler jämförelsestudier varit möjliga. I vårt fall kan man endast med rättvisa jämföra gallrad tall med gallrad contorta, samt ogallrad contorta med gallrad contorta.

4.6 Högre beståndsmedelhöjd

Att högre beståndsmedelhöjd inte korrelerade med högre volymer vindskadad skog kan delvis förklaras av att våra inventerade bestånd endast hade en huvudsaklig medelhöjd på omkring 15 meter. Beståndsmedelhöjderna varierade mellan 11 och 19 meter. Om bestånd över 20

meter hade funnits med i data, skulle antagligen resultatet pekat mot en signifikantare korrelation mellan beståndsmedelhöjd och vindskadad volym.

Båda trädslagen som har behandlats i denna studie, har enbart haft plantering som föryngringsmetod. Huvudsaklig skillnad i noterad vindskada är därför relaterad till trädslag, gallringsprogram, förhållanden med avseende på jordmån och beståndets vindexponering samt markberedningsmetod. Enligt Rosvall (1994) har den sistnämnda faktorn en avgörande roll i contortatallens stabilitet, men var inte något vi kunde ta ställning till utifrån våra data, där markberedningsmetod inte framgick.

4.7 Felkällor

4.7.1 Snö vid inventering

Som tidigare omnämnts hade inventerat data en del brister. Inventeringstidpunkten efter stormen var under februari till mars, vilket försvårade förutsättningarna för korrekta mätvärden på grund av metertjockt snötäcke. Vidare saknades vissa beståndsvariabler för de olika kategorierna, vilket gjorde det svårt att jämföra alla 113 inventerade bestånd på ett önskvärt sätt.

4.7.2 Inventeringstidpunkt

Vad gäller inventeringstillfällena innan stormen, skedde de alltifrån år 2007 till 2011. Värdena i "framräknad volym", mertillväxten, är uppskattade värden som riskerar att utgöra en felkälla i studien. Metodiken för framräkningen var dock konsekvent enligt tidigare beskrivning.

4.7.3 Avsaknande av variabler

Variabler som beskrev stamantal och volym före stormen, saknades hos de ogallrade contortabestånden. Därför uteslöts ogallrad contorta i beräkningarna som avsåg "framräknad volym". Konsekvenserna blir därmed att det övergripande resultatet inte speglar samtliga bestånd. Tallbestånden hade ingen framräknad beståndsmedelhöjd, vilket gjorde att vi uteslöt dem i regressionen med framräknad höjd mot volym.

4.8 Nettotillväxt

Contortans extra tillväxt är ingen garanti för större volymer gagnvirke. Det bortfall som uppstår vid naturlig avgång reducerar den extra tillväxt som contortan ger jämfört med tall. Denna studie baserades på plantering som skett under 70-talet. Läsaren bör därför ta hänsyn till dåtidens täckrotsplantor, som är långt ifrån lika konkurrenskraftiga vad gäller stabilitet som dagens plantor, främst tack vare mer välutvecklade rotsystem med mera.

Framtida stormar är oförutsägbara och faktum är att de inventerade bestånden blir allt högre och närmar sig slutavverkningsskogen med tiden. Stormfällningarna antas därför bli mer omfattande. Kommande gallringar bör planeras tidigt med syfte att främja trädens stabiliserande förmåga och anpassning.

5. REFERENSLISTA

- Elving, B & Norgen, O. (1995) *Tall eller contorta – valet mellan stabilitet och tillväxt avgör*. Uppsala: Johan Elmberg, SLU Info (Nr 5 1995)
- Engelmark, O. (2011) *Contortatall i Sverige – ett storskaligt ekologiskt experiment*. Umeå: Tomas Lundmark, SLU Info (Nr 9 2011)
- Esri.com <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis10>
- Fries, C. (2012) *Stormen Dagmar fällde 4-5 miljoner skogskubikmeter från Mälardalen i söder till Jämtland och Västernorrland i norr*. Jönköping: Skogsstyrelsen.
<http://www.skogscertifiering.se/default.asp?oewCmd=10&pageid=28639&path=&file=694%5Canpassning%5Fmed%5Fanledning%5Fav%5Fstormen%5Fdagmar%5F2012%2D01%2D17%2Epdf>
- Gardiner, B. Peltola, H. & Kellomäki, S. (2000) *Comparison of two models for predicting the critical wind speeds required to damage coniferous trees*. Midlothian, UK & Joensuu, Finland: The Forestry Commission Research Agency, Northern Research Station, Roslin & Faculty of Forestry, University of Joensuu (Elsevier Volume 129, Issue 1, 3 Maj 2000, Pages 1-23)
- Hallsby, G. (2008). *Alla tiders skog*. 2.ed. Stockholm: LRF Skogsägarna. ss 95-97.
- MiniTab.com <http://www.minitab.com/en-SE/products/minitab/downloads.aspx>
- Mitchell, S. (2000) Forest health: preliminary interpretations for wind damage. Victoria B.C. British Columbia
- Peltola, Heli M. (2006) *Mechanical stability of trees under static loads*. Joensuu, Finland. American Journal of Botany 93(10): 1501–1511.
- Remröd, J. 1977. En produktionsmodell för contortatall i norra och mellersta Sverige. Resultat från uppföljning av äldre kulturer med Pinus contorta. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidsskrift 75:1, 3-43.
- Rosvall, O. (1994) Contortatallens stabilitet och motståndskraft mot vind och snö. SkogForsk, redogörelse nr 2.
- SCA (2008-12-04). *Trädslagsblandning*. <http://www.sca.com/sv/skog/Om-SCA-Skog/Skogsbruket---SCA-Skog/Tradslagsblandning/>. [2013-03-12]
- SCA (2011-12-30). *Fortsatta skadeinventeringar efter Dagmars framfart*.
<http://www.sca.com/sv/skog/press/nyheter/arkiv/2011/fortsatta-skadeinventeringar-efter-dagmars-framfart/> [2013-03-01]
- Schelhaas, M.-J., (2008) *Impacts of natural disturbances on the development of European forest resources: application of model approaches from tree and stand levels to large-scale scenarios*. Helsinki: Finnish Society of Forest Science (ISBN 978-951-651-200-9 (PDF))
- Schelhaas, M.-J., Nabuurs, G.J. & Schuck, A. (2003). *Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries*. Global Change Biology: 9

Skogsdata (2012-03-28). *Tillväxt*.

<http://www.slu.se/sv/webbtjanster-miljoanalys/statistik-om-skog/tillvaxt/>. [2013-03-02]

Skogsstyrelsen (2006) *Stormen 2005 – en skoglig analys*.

<http://shop.skogsstyrelsen.se/shop/9098/art72/4645972-02cb95-1556li.pdf>. [2013-04-11]

Skogsstyrelsen (2012) *Stormen Dagmar fällde 4-5 miljoner skogskubikmeter*

<http://www.skogsstyrelsen.se/Myndigheten/Press-och-information/Pressmeddelanden/Stormen-Dagmar-fallde-4-5-miljoner-skogskubikmeter/>
[2013-02-28]

SkogsSverige (2012-03-16). *Tall* .<http://skogssverige.se/node/38378> [2013-03-12]

SMHI (2013-02-20). *Stormar i Sverige*.

<http://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/stormar-i-sverige-1.5770>. [2013-03-01]

Valinger, E. & Fridman, J. (2000) *Träden avslöjar risken för vind- och snöskador* Umeå:
Göran Hallsby, Institutionen för skogsskötsel (Nr 3 2000)

Witzell, Jo. et al 2009. *Skador på skog*. Skogsskötselserien. Skogsstyrelsen.

http://www.svo.se/episerver4/dokument/sks/Fakta_om_skog/Skogsskotselserien/Skador_pa_s_kog/Skador_pa_skog.pdf.

Bilaga 1:

SMHI (2012-06-04) *Snödjup*

<http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/sno/snodjup1112>
[2013-03-21]

Försättsbild:

Mikael Kullström, Alnön

BILAGA 1.

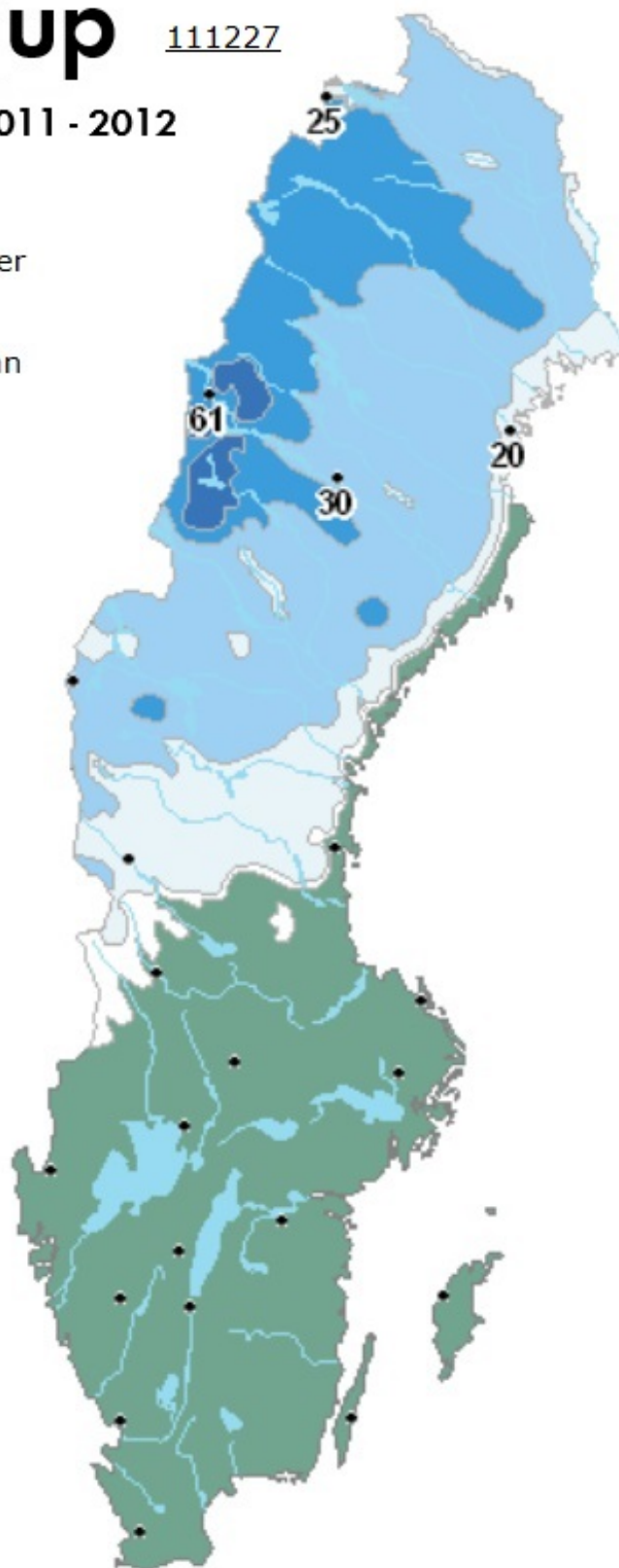
Snödjup 111227

SÄSONGEN 2011 - 2012

Visa i kartan:

- ☒ Observationer
- ☐ Ortnamn
- ☐ Stationsnamn

- över 75 cm
- 50-75 cm
- 30-50 cm
- 10-30 cm
- 1-10 cm
- Barmark



Bilaga 1: Aktuellt snödjup 2011-12-27 (SMHI 2012)